"مقاله پژوهشی"

اثرات تجمع فلزات سنگین نیکل و سرب بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی (*Lates calcarifer*) و سنجش آنزیم‌های کبدی

سیامک یوسفی سیاه‌کلرودی[۱]، وحید مرشدی[۲]، تبارک ضیاء نورعلی الموسوی[۳]، پرستو محبی درخش[۴]، مهیار یوسفی سیاه‌کلرودی[۵*]

۱-گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، پیشوا، ایران
۲-گروه شیلات و زیست شناسی دریا، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
۳-گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۵-گروه دامپزشکی، دانشکده علوم تخصصی دامپزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۵

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی و شناسایی اثرات فلزات سنگین نیکل و سرب بر فیزیولوژی ماهی باس دریایی پرورشی با تاکید بر سطوح آنزیمی و سنجش فلزات سنگین (سرب، نیکل) در بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی در قفس انجام گرفته است. این پژوهش در پاییز ۱۴۰۱، در استان بوشهر، منطقه کنگان انجام شد. نمونه‌ها پس از تثبت با الکل، به آزمایشگاه منتقل گردیدند و شاخص‌های زیست‌سنجی شامل وزن و طول کل، اندازه‌گیری شد. سپس از بافت‌های عضله هر قطعه ماهی، نمونه‌ای تهیه و توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله (FAAS) میزان غلظت فلزات سنگین به‌دست آمد. برای مطالعه آسیب‌های بافتی، نمونه‌های بافت عضله جداسازی و مراحل پاساژ بافتی شامل آبگیری، شفاف‌سازی و آغشتگی توسط دستگاه پاساژ بافت یا هیستوکینت و تحت برنامه زمان‌بندی شده انجام و به‌روش H& E رنگ‌آمیزی شدند و درصد تاثیر هر یک از فلزات سنگین به‌صورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سنجش آنزیم‌های آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز نیز با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون و براساس دستورالعمل کیت انجام گردید. نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزات نیکل و سرب در بافت عضله به‌ترتیب ۱/۳ و ۰/۸ قسمت در میلیون بود. میانگین غلظت آنزیم‌های الکالین فسفاتاز ۳۷/۶۶، آلانین آمینوترانسفراز ۷۵/۱۶ و آمینوترانسفراز ۴۷/۱۶ واحد استاندارد در لیتر به‌دست آمد. در بررسی اثر فلزات سنگین بر بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی عوارضی هم‌چون سلول‌های آماسی، ملانوماکروفاز، تخریب فیبرهای عضلانی و آتروفی عضلانی مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین غلظت فلزات سنگین نیکل و سرب در بافت عضله ماهی سی باس آسیایی مورد مطالعه، بالاتر از استانداردهای WHO و FAO است به طوری که این فلزات اثر مخربی بر بافت عضله داشتند.

کلمات کلیدی: باس دریایی پرورشی، تجمع زیستی، نیکل، سرب، کبد

*عهده‌دار مکاتبات: mahyaryousefi98@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

مقدمه

اکوسیستم آبی به‌دلیل انتشار مداوم پسماندهای صنعتی به‌طور معمول و به‌طور گسترده آلوده است. لذا برای اندازه‌گیری اثرات نامطلوب آلاینده‌های مختلف آبی، ماهی‌ها به‌عنوان یک شاخص زیستی خوب در نظر گرفته می‌شوند و همه علائم غیرطبیعی را حتی در سطوح بسیار کم مواد سمی در اکوسیستم‌های آبی منعکس می‌کنند (Ding *et al*., 2000; Ghazanfar *et al*., 2018 and Ghaffar *et al*., 2020). حضور آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین در محیط‌های دریایی منجر به تجمع بالقوه آن‌ها در موجودات دریایی شده که از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می‌شود (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۹). نظر به این‌که ماهیچه‌های ماهی نقش اصلی را در تغذیه انسان دارند، اطمینان از سلامت گوشت ماهی به لحاظ فلزات سنگین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Carvalho *et al*., 2005). میزان تجمع فلزات سنگین در آبزیان باهم اختلاف بسیاری دارد و این عدم مشابهت، وابستگی زیادی به نوع گونه، نوع تغذیه ماهی و نوع محیط‌های زندگی آن‌ها دارد (Ria, 2009). این فلزات با ورود به منابع آبی از طریق فرآیندهای مختلف، به‌صورت آزاد درآمده و با تجمع زیستی در جاندارن کفزی به سطوح بالاتر مسیر زنجیره غذایی انتقال یافته و بر مقدارشان افزوده (بزرگ‌نمایی زیستی) می‌گردد (Canli and Kalay, 1998). بیش‌تر تحقیقات صورت گرفته بر روی سنجش غلظت تجمع فلزات سنگین در بدن ماهی‌ها به مطالعه عضله یا بافت خوراکی پرداخته‌اند (Azaman *et al*., 2015) زیرا به لحاظ نقش موثر آن در سلامت تغذیه‌ای مصرف‌کنندگان، دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد (Castilhos *et al*., 2006). هم‌چنین لزوم تعیین میزان غلظت این فلزات در بافت عضله علاوه بر وجود نقش عمده‌ای که در زنجیره غذایی انسان‌ها و دیگر گونه‌ها ایفا می‌کنند، به‌عنوان نوعی نشانگر زیستی نیز محسوب شده و مقدار سطح تقریبی این عناصر در محیط زیست ماهی‌ها را نیز مشخص می‌کند (Birungi *et al*., 2007). به همین جهت در این پژوهش، عضله که یکی از ارزشمندترین بخش‌های خوراکی ماهی‌ها محسوب می‌شود (Venugopal and Shahidi, 1996) به‌عنوان بافت هدف آزمایش، انتخاب گردید.

فلز نیکل و فلز سرب دارای اثرات سمی بر بافت‌های مختلف بدن هستند و به‌عنوان آلاینده‌های مهم محیط زیست به شمار می‌روند. اختلالات و تغییر در عملکرد بیوشیمیایی بسیاری از بافت‌ها تحت تاثیر این دو فلز مشاهده شده است. به‌طورکلی حضور این فلزات در اکوسیستم‌های آبی در دراز مدت منجر به افزایش آنزیم‌های اکسیداتیوو آسیب‌های بافتی شده و همچنین با توجه به تجمع این فلزات در بدن و انتقال آن‌ها به مصرف کننده بعدی از جمله انسان می‌تواند عوارض غیرقابل جبرانی را ایجاد کند. بنابراین ضروری است تا آلودگی اکوسیستم‌های آبی ناشی از فلزات سنگین به‌طور دائم کنترل و پایش شوند. به‌طورکلی حضور این فلزات در اکوسیستم‌های آبی در دراز مدت منجر به کاهش توان تولیدمثلی آبزیان، مشکلات تنفسی، عصبی و غیره شده و هم‌چنین با توجه به قابلیت تجمع این فلزات در بدن و انتقال آن‌ها به مصرف‌کنندگان بعدی از جمله انسان می‌تواند عوارض غیرقابل جبرانی را ایجاد نماید (El-Greisy and El-Gamal, 2015). بنابراین، ضروری است تا آلودگی اکوسیستم‌های آبی ناشی از فلزات سنگین به‌طور دائم کنترل و پایش شوند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

آنزیم‌های آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) نقش بسیار مهمی در فرآیندهای متابولیک بدن و سلامت ماهیان داشته و به‌عنوان نشانگرهای زیستی مناسب در مطالعات سم‌شناسی معرفی شده‌اند (Beninca *et al*., 2011; Senger *et al*., 2011). این آنزیم‌ها در سلول‌های بافت‌های مختلف از قبیل کبد، قلب، کلیه، عضلات و مغز وجود دارند. برخی شرایط فیزیولوژیک مانند آسیب و اختلالات کبدی و اسکلتی باعث افزایش فعالیت این آنزیم‌ها می‌شوند. به‌خوبی مشخص شده است که فلزات سنگین می‌توانند اثرات مخربی بر بافت‌های بدن ماهیان داشته باشند. آسیب بافت و تغییر پروفایل آنزیمی ازجمله در کبد و آبشش در اثر غلظت تحت‌کشنده فلزات سنگین در ماهیان مختلف گزارش شده ست (Khandan Barani *et al*., 2016). برای مقایسه، میزان فلزات سنگین در بافت‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود. اما قسمتی که دارای اهمیت است حضور این فلزات در بافت عضله ماهی است چون این قسمت به‌دلیل مصرف خوراکی قابلیت انتقال به انسان را داشته و از نظر بهداشت عمومی و سلامت افراد از اهمیت بیش‌تری برخورداراست (فرجی و مشکینی، ۱۴۰۰؛ لکزایی و همکاران، ۱۳۹۴).

ماهی *Lates calcarifer* که در آسیا به نام ماهی باس دریایی پرورشی و در استرالیا باراموندی شناخته می‌شود یکی از اعضاء خانواده بزرگ Latidae است رژیم غذایی گوشت‌خواری این ماهی سبب ایجاد طعم بسیار دلچسب، ارزش غذایی بالا و کیفیت بی‌نظیر گوشت ماهی سی‌باس شده است. سی‌باس به‌دلیل رشد سریع، تکثیر آسان، تحمل شوری بالا و توانایی در پذیرش غذای فرموله، از بهترین ماهیان پرورشی دنیا محسوب شده است. ماهی باس دریایی پرورشی جهت آبزی‌پرروی درکشورهای متعددی معرفی شده است. مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده عبارتند از هنگ کنگ، استرالیا، آمریکا، سنگاپور، مالزی، تایلند و.... طبق گزارش FAO از کل تولید ماهیان دریایی پرورشی در سال ۲۰۲۰، ۱۹۶/۹ هزار تن مربوط به ماهی باس دریایی پرورشی بوده که این نکته بیانگر بازار پسندی این ماهی در دنیا می‌باشد (FAO, 2022). در ایران نیز با توجه به اهمیت اقتصادی آن و تقاضا برای غذای سالم دریایی، اخیراً در قالب پرورش ماهی در قفس در خلیج فارس و دریای عمان پرورش می‌یابند. به‌علت شرایط خاص و نیمه‌بسته بودن خلیج فارس، وجود منابع مهم اکولوژیک و هم‌چنین گونه‌های حساس موجود در آن، از مناطق بسیار مهم زیستی نه تنها در منطقه خاورمیانه بلکه حتی در جهان، به‌حساب می‌آید. برای حفاظت از این بوم‌سامانه با ارزش، شناسایی دقیق عوامل آلاینده و مقدار آن‌ها، حذف و یا کاهش آلاینده‌های ورودی به خلیج فارس نیاز به اطلاعات دقیقی است تا برای برنامه‌ریزی درست و اعمال مدیریت مناسب مورد استفاده قرارگیرد(Mazej *et al*., 2010). مطالعات مختلفی در رابطه با تاثیر انواع مختلفی از آلاینده‌های فلزات سنگین بر روی گونه‌های مختلف ماهیان و آبزیان انجام شده است از جمله میزان فلزات سنگین آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم را در بافت‌های خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز (*Liza dussumieri*) در سواحل بوشهر (ناصری و همکاران، ۱۳۸۴)، انباشتگی برخی عناصر سنگین در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی هامور(*Epinephlus coioiedes*) (علی نژاد و همکاران، ۱۳۹۴)، بررسی تجمع فلزات سنگین (سرب، کادمیوم،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.22034/17.4.95]

روی و کروم) در عضله ماهی کفشک تیز دندان *Psettodes erumei* در آب‌های بوشهر (پذیرا و خسروی فرد، ۱۳۹۴)، بررسی میزان غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم را در بافت‌های عضله و کبد ماهی طلال *Rastrelliger kanagurta* در آب‌های خلیج فارس (چاکری و همکاران، ۱۳۹۴) و تغییرات سطوح آنزیم‌های متابولیک تحت تاثیر فلزات سنگین روی و کادمیوم در ماهی سفیدک سیستان *Schizothorax zarudnyi* (خندان بارانی و میری، ۱۳۹۶). هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات تجمع فلزات سنگین نیکل و سرب در بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی (*Lates calcarifer*) و سنجش سطح برخی از آنزیم‌های کبدی بود.

مواد و روش ها

تهیه و آماده سازی نمونه‌ها

برای انجام این پژوهش، تعداد ۱۵ نمونه ماهی باس دریایی پرورشی در فصل پاییز ۱۴۰۱ به صورت کاملا تصادفی با میانگین وزنی ۲۶۰/۶۴ گرم از قفس‌های پرورشی (با ظرفیت ۵۰ تن و تغذیه شده با غذای تجاری شرکت بیضا ۲۱) واقع در استان بوشهر شهرستان کنگان صیدگردید (شکل ۱) و به همراه پودریخ به محل آزمایشگاه دانشگاه خلیج فارس انتقال یافتند. ماهی‌ها ابتدا توسط آب مقطر دوبار شستشو شدند تا عوامل آلاینده، پوشش لزج و ذرات خارجی جذب‌کننده فلزات از لایه سطحی آن ها رفع گردد و پس از آن مورد زیست‌سنجی قرارگرفتند. وزن ماهی‌ها به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. سپس بخش‌های اضافی و غیر مورد نظر نمونه‌ها (شامل پوست، امعا و احشاء، استخوان و ...) توسط تیغه کاملا استریل جدا و قسمت بافت عضله، به‌طور کامل از آن خارج گردید. نمونه بافت‌های بخش عضله، مورد بسته‌بندی و شماره گذاری قرارگرفتند. سپس ۴ گرم از هر نمونه در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند از هر نمونه خشک شده، داخل ارلن مایرهای ml ۱۰۰ ریخته‌شده و روی هر کدام ml ۵ هیدروژن پراکسید (H_2O_2) و ۱۰ml نیتریک اسید غلیظ (HNO_3) اضافه شد. هضم نمونه‌ها در ظروف داغ در دمای ۲۰۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت۴ ساعت و زیر هود تا شفاف شدن نمونه‌ها انجام گردید. سپس با عبور محلول‌های به‌دست آمده از کاغذ صافی، محلول‌های آماده اندازه‌گیری داخل ارلن مایرهای کاملاً تمیز جمع‌آوری شدند(Oguzie and Izerbigie, 2009). محلول‌های استاندارد فلزات ذکر شده از نمک‌های نیترات خالص مربوطه ساخت شرکت مرک آلمان تهیه گردید و پس از رسم نمودار کالیبراسیون، توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله (FAAS) ساخت شرکت شیمادزو (Shimadzu) مدل AA670G میزان غلظت هر فلز به‌دست آمد (عبادی و همکاران، ۱۳۹۹). غلظت نهائی فلزات بر حسب میکروگرم برگرم وزن خشک بیان شد.

برای ارزیابی آنالیز بافتی، پس از تشریح، نمونه بافت عضله جداسازی و نمونه‌های بافتی در محلول تثبیت‌کننده بوئن قرار داده شدند و پس از ۴۸ ساعت از محلول بوئن خارج و تا زمان انجام مراحل بعدی در الکل ۷۰٪ نگه‌داری شدند (Velma and Tchounwou, 2010). کلیه مراحل پاساژ بافتی شامل آبگیری، شفاف‌سازی و آغشتگی توسط دستگاه پاساژ بافت یا هیستوکینت و تحت برنامه زمان‌بندی شده انجام شد. نمونه‌های بافتی با ضخامت ۵-۴ میکرون طبق روش‌های

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

روتین بافت شناسی تهیه و با استفاده از محلول‌های هماتوکسیلین و ائوزین رنگ آمیزی شدند (Liu *et al.*, 2011). سپس لام‌های بافتی آماده شده با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین عکس‌برداری دیجیتال بررسی شدند.

سنجش آنزیم‌های آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز نیز با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون و براساس دستورالعمل کیت ها انجام شد (خندان بارانی و میری، ۱۳۹۶).

جهت مقایسه آماری میزان آنزیم‌ها و غلظت فلزات سنگین از نرم‌افزارهای EXCEL و SPSS نسخه ۲۰ و روش آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده‌گردید. به‌منظور تعیین وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین نتایج بررسی نمونه‌ها از آزمون پارامتریک و پس از تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ۹۵٪ ($p<۰/۰۵$) استفاده شد. مقادیر بر اساس واحد میکروگرم بر گرم وزن خشک (میانگین ± انحراف معیار) ($\mu g\ g^{-1}\ d.w$) بیان گردیدند.

نتایج

نتایج به‌دست آمده از بررسی ماهیان صید شده از قفس‌ها در جدول ۱ آورده شده‌است. بر اساس آن، نمونه ماهی‌های مورد مطالعه از میانگین طولی ۲۶/۸۲±۲/۶۱ سانتی متر و میانگین وزنی ۹۴/۶۴ ±۲۶۰/۶۴ گرم برخوردار‌بودند.

نتایج حاصل از سنجش سرب و نیکل در بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی به شرح جدول ۲ به‌دست آمد. البته شایان ذکر است که میانگین غلظت سرب و نیکل در بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی مورد مطالعه به‌ترتیب ۰/۷۶ میکروگرم بر گرم و ۱/۱۶ میکروگرم بر گرم محاسبه گردید.

شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه در استان بوشهر- بندرکنگان

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.22034/17.4.95]

جدول۱: نتایج میانگین وزن و طول نمونه ماهیان باس دریایی پرورشی

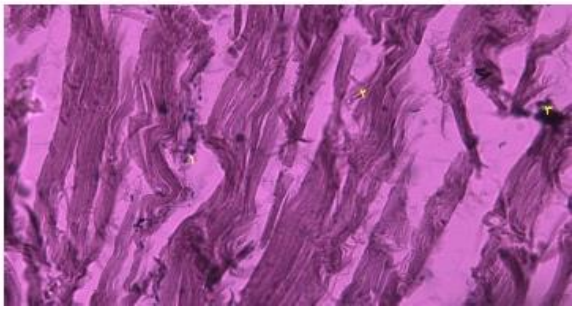
متغیر	تعداد	میانگین	خطای استاندارد	کمینه	بیشینه
وزن (گرم)	۱۵	۲۶۰/۶۴	۹۴/۷۰	۱۰۷/۶۹	۴۳۷/۱۸
طول (سانتی متر)	۱۵	۲۶/۸۲	۲/۶۱	۲۲/۰۰	۳۱

جدول ۲: حداقل و حداکثر غلظت فلز نیکل و سرب بررسی شده به همراه میانگین و انحراف معیار آن‌ها در عضله ماهی باس دریایی پرورشی

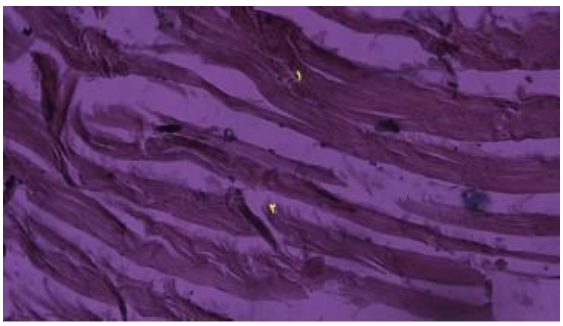
ردیف	نام فلز	حداقل غلظت میکروگرم بر گرم	حداکثر غلظت فلز میکروگرم بر گرم	میانگین± انحراف معیار
۱	سرب	۰/۷	۰/۸	۰/±۷۶ ۰/۰۴
۲	نیکل	۱	۱/۳	۱/۱۶ ±۰/۱۲۴

جدول ۳: سطح آنزیم‌های آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز عضله ماهی باس دریایی پرورشی (واحد استاندارد/ لیتر)

ردیف	نام آنزیم	حداقل غلظت u/l	حداکثر غلظت u/l	میانگین± انحراف معیار
۱	آلکالین فسفاتاز (ALP)	۳۳	۴۶	۳۷/۶۶± ۴/۱۴
۲	آمینوترانسفراز (AST)	۶۳	۸۹	۷۵/۱۶± ۸/۷۶
۳	آلانین آمینوترانسفراز(ALT)	۳۸	۵۹	۴۷/۱۶± ۷/۵۳



شکل ۲: مشاهده نفوذ سلول‌های آماسی (۱)، تخریب فیبرهای عضلانی(۲) و ملانوماکروفاژ (۳)در عضله ماهی (X۴۰H&E,)



شکل ۳: مشاهده نفوذ سلول‌های آماسی (۱) و تخریب فیبرهای عضلانی (۲) در عضله ماهی (H&E,40X)

نتایج سطح آنزیم‌های آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز

نتایج سنجش سطح آنزیمی آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز در عضله ماهی باس دریایی پرورشی نشان داد که میانگین ALP، AST و ALT به ترتیب ۴/۱۴ ±۳۷/۶۶، ۸/۷۶ ±۷۵/۱۶ و ۷/۵۳ ±۴۷/۱۶ به دست آمد (جدول ۳).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

نتایج بافت‌شناسی

نتایج حاصل از مطالعه بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی قفس‌های مستقر در بندر کنگان از استان بوشهر واقع در خلیج فارس نشان داد که فلزات سرب و نیکل با غلظت‌های موجود در بافت عضله منجر به تخریب فیبرهای عضلانی، ملانوماکروفاژ، نفوذ سلول‌های آماسی در بافت عضله شده‌است (شکل‌های ۲ و ۳).

نتایج بررسی مقایسه آماری نمونه‌ها

متغیرهای مورداستفاده در این تحقیق شامل متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل می‌باشند که متغیرهای مستقل این تحقیق درصد غلظت فلزات سنگین سرب و نیکل و متغیر وابسته سطوح آنزیم‌های بافتی شامل آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز در ماهی سی‌باس می‌باشد. در ابتدا جهت تعین نرمال بودن داده‌ها آزمون کولوموگروف اسمیرنوف اجرا شد. نتایج نشان داد که داده‌ها نرمال بودند (جدول۴). نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها در میزان آنزیم ALP و ALT در ارتباط با غلظت نیکل و سرب مشاهده‌شد ($p<۰/۰۵$) (جداول ۵ و ۶). ولی درخصوص آنزیم AST اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۴: نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها Kolmogorov-Smirnov

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ALP	.213[b]	15	.065	.843	15	.014
AST	.170[a]	15	.200[*]	.927	15	.246
ALT	.183[b]	15	.190	.887	15	.061

حروف لاتین نشان دهنده معنی دار بودن داده ها است ($p <۰/۰۵$)

جدول ۵: نتایج ارتباط بین نیکل و آنزیم‌ها

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ALP	Between Groups	145.200	1	145.200	22.365	.000
	Within Groups	84.400	13	6.492		
	Total	229.600	14			
AST	Between Groups	187.500	1	187.500	1.837	.198
	Within Groups	1326.900	13	102.069		
	Total	1514.400	14			
ALT	Between Groups	672.133	1	672.133	63.501	.000
	Within Groups	137.600	13	10.585		
	Total	809.733	14			

جدول ۶: نتایج ارتباط بین سرب و آنزیم‌ها

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ALP	Between Groups	164.800	2	82.400	15.259	.001
	Within Groups	64.800	12	5.400		
	Total	229.600	14			
AST	Between Groups	199.600	2	99.800	.911	.428
	Within Groups	1314.800	12	109.567		
	Total	1514.400	14			
ALT	Between Groups	675.733	2	337.867	30.257	.000
	Within Groups	134.000	12	11.167		
	Total	809.733	14			

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

بحث

برطبق نتایج به‌دست آمده میانگین غلظت نیکل و سرب در بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی به‌ترتیب ۱/۱۶ و ۰/۷۶ قسمت در میلیون در وزن خشک بود. بر طبق نتایج این مطالعه، سرب موجود در عضله بیش از استاندارد WHO و کم‌تر از استاندارد FAO، NHMRC و UK (MAFF) بود. هم‌چنین میانگین نیکل موجود در عضله ۱/۱۶ قسمت در میلیون در وزن خشک بود که از استاندارد جهانی سازمان خواربار و کشاورزی مل متحد/ سازمان بهداشت جهانی FAO /WHO بیش‌تر از حدمجاز بود. سرب بدون شک بیش‌ترین کمیت را در میان عناصر سنگین محیط زیست به خود اختصاص داده است که می‌تواند به دلیل قرار گرفتن در محیط آبی آلوده باشد. از طرف دیگر سرب از واکنش‌های شیمیایی کم‌تری نسبت به جیوه و کادمیوم برخوردار است. ضریب جذب سرب از طریق تنفس بالا بوده و می‌تواند به پیوندهای گوگردی ملکول‌های آنزیم حمله‌ور شده و آن‌ها را غیرفعال کند. گروه‌های کربوکسیلیک وآمینوپروتئین‌ها نیز توسط سرب مورد حمله قرار می‌گیرند (Vardim, 1997). هم‌چنین یون سرب به غشاء سلول متصل شده و روند انتقال مواد را از دیواره سلولی مختل می‌کند. عوامل مختلفی در میزان غلظت فلزات سنگین در بدن ماهی تاثیرگذار هستند. Langston و Spence (۱۹۹۵) بیان کردند که تراکم فلزات سنگین در بدن به حجم بدن، رفتارهای تغذیه‌ای و نیز خصوصیات شیمی منطقه مرتبط است (بندانی و همکاران، ۱۳۸۹). اهمیت فلزات سنگین با توجه به بافت‌های هدف و غلظت سمی آن‌ها در بدن متفاوت است. به‌عنوان مثال محدوده تحمل فلزاتی مانند سرب بسیار ناچیز است (عسکری‌ساری و همکاران، ۱۳۹۰). محل زیست ماهی نیز از عوامل تاثیرگذار است.(Romeo & Giamberini ,2013) از سوی دیگر غلظت فلزات سنگین با مقادیر بالاتر در ماهیان گوشت‌خوار مورد تایید قرار گرفت (شهاب‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). درخصوص تجمع زیستی فلز سرب در بافت عضله و اتصال آن با موکوس نقشی مهم در تجمع و دفع آن دارد (جلالی‌جعفری و آقازاده مشگی، ۱۳۸۵؛ بندانی و همکاران، ۱۳۸۹). سرب بدون شک بیش‌ترین مقادیر را در بین فلزات سنگین محیط زیست به خود اختصاص داده است چرا که گستردگی منابع سرب و تنوع صنایع مختلف در استفاده از این عنصر در رنگ‌سازی، پتروشیمی، مهمات‌سازی، رادیولوژی و پزشکی و بیش از همه در بنزین و مصرف بالای آن در جهان سبب پراکنش بالای این عنصر در تمامی اکوسیستم‌ها شده است (عسکری‌ساری، ۱۳۸۸).

تفاوت مقادیر فلزات سنگین در ماهی سی‌باس آسیایی خلیج فارس با سایر گونه‌ها در کشورهای مختلف ممکن است ناشی از عوامل مختلفی از جمله شرایط جغرافیایی، محیطی و کیفیت منابع تامین کننده آب، صنایع مجاور در حاشیه سواحل و مقررات دفع پساب، نوع گونه‌های ماهی و بافت‌های مورد آزمایش، شرایط متفاوت فعالیت‌های آزمایشگاهی و... باشد. از آن‌جا که ماهی باس دریایی پرورشی یک ماهی گوشت‌خوار است، تجمع فلزات سنگین سرب و نیکل در این ماهی افزایش یافته است. نشت نفت از بارج‌های مستعمل، سکوهای نفتی و خطوط انتقال نفت، تخلیه آب توازن کشتی‌ها، فعالیت منطقه پارس جنوبی، آلودگی ناشی از فلرها در منطقه و آلودگی ناشی از سوخت فسیلی و وجود چاه‌های متعدد نفتی در بندر کنگان از عوامل آلودگی دریا در آب‌های ساحلی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

کنگان می‌باشد (مدنی و همکاران، ۱۳۹۶؛ مکرم و همکاران، ۱۳۹۹). تعداد زیاد مخازن ذخیره‌سازی، خطوط لوله کشی انتقال گاز، نشت گاز و صادرات و واردات گاز از صنایع مقدار زیادی آلاینده را به محیط زیست وارد می‌کند (Abdollahi *et al*., 2013).

یکی دیگر از مهم‌ترین آلوده‌کننده‌های خلیج فارس در این منطقه آب‌شیرین کن می‌باشد، برداشت آب دریا برای شیرین‌سازی و تخلیه پساب‌های ناشی از فرایندهای شوری زدایی به داخل دریا می‌توانند اثرهای مخربی را برای اکوسیستم و منطقه دریایی داشته باشد پساب‌ها می‌توانند موجب برهم خوردن تعادل آب دریا در محل خروجی‌ها از نظر میزان شوری، درجه حرارت و غلظت شود (Dural *et al*, 2007)

براساس نظریه Viarengo (۱۹۸۹) توانایی موجودات برای جذب، تجمع، دفع یا سم زدایی فلزات سنگین به‌طور اساسی با هم فرق می‌کند. گونه‌هایی که دارای مقادیر مشخص متالوتیونئین و لیزوزیم‌ها باشند، می‌توانند سمیت این فلزات را از بین ببرند. براساس نتایج به‌دست آمده یکی از دلایل احتمالی تجمع فلزات در گونه‌های مختلف ماهی را می‌توان به این امر نسبت داد.

هیستوپاتولوژی اندام‌های هدف مانند کبد و کلیه می‌توانند تصویر واضحی از سمیت فلزات سنگین ارائه دهند(Shahnawaz Khan *et al*.,2020). پس از ورود به محیط های آبی با استفاده از فرآیندهای متابولیک و در بافت های ماهی در بافت ماهی جذب زیستی رخ می‌دهد(Kalay and Canli, 2000).

تجمع فلزات سنگین در اندام‌های ماهی منجر به تغییرات هیستوپاتولوژیک می‌شود در این پژوهش نتایج هسیتوپاتولوژی بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی شامل نفوذ سلول‌های آماسی، تخریب فیبرهای عضلانی و ملانوماکروفاژ تخریب فیبرهای عضلانی بود. می‌توان دلیل تحلیل عضلات ماهی را استفاده از پروتئین به‌عنوان منبع انرژی بالاتر برای سم‌زدایی در طی شرایط استرس بیان کرد (Remia *et al*., 2008). هم‌چنین دلیل تخلیه و تحلیل بافت عضله می‌تواند اختلال در سرعت سنتز پروتئین یا کاهش جذب اسیدهای آمینه پلی‌پپتیدی باشد (Rajamaniackam & Musthuswamy, 2008; Vutukuru, 2005). در تحقیقی مشابه Nasr و همکاران (۲۰۲۰) درخصوص تغییرات هیستوپاتولوژی ایجاد شده توسط فلزات سنگین در *Oreochromis niloticus* انجام دادند تغییراتی مانند هموراژیک، هموسیدرین، ادم، دژنراسیون، نکروز در نمونه فیبرهای عضلات ماهی مذکور مشاهده کردندکه مشابه نتایج این تحقیق بود.

جدول۷: مقایسه میانگین کلی فلزات در بافت عضله ماهی باس دریایی پرورشی با استانداردهای بین المللی (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

استاندارد	سرب	نیکل	منبع
WHO۲	۰/۵	۰/۴	(WHO, 1985)
FDA۳	۵		(Chen and Chen, 2001)
FAO	۲	۰/۴	
NHMRC۴	۱/۵		(Darmono and Denton,1990)
UK(MAFF)۵	۲		(Franklin and Jones, 1995)
تحقیق حاضر	۰/۷۶	۱/۱۶	تحقیق حاضر

۲ Word Health Organization
۳ Food and Drug Administration
۴ National Health and Medical Research Council
۵ Ministry of Agriculture Fisheries and Food

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.22034/17.4.95]

در تحقیق حاضر بیش‌ترین میزان تجمع زیستی در عضله ماهی سرب ۰/۷۶ میکروگرم بر گرم و نیکل ۱/۱۶ میکروگرم بر گرم ماده خشک عضله بود.که هر دو میزان از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بالاتر بودند (جدول ۷).

تجمع آلاینده‌ها فیزیولوژی بافت ماهی را مختل می‌کند. نقطه پایانی در ارزیابی خطر آلاینده‌ها در محیط بررسی میکروسکوپی بافت‌های هدف از طریق بافت‌شناسی است (Fatima *et al*., 2015). تغییرات هیستوپاتولوژیک را می‌توان به عنوان شاخصی از تأثیر آلاینده‌های مختلف انسانی بر موجودات و به عنوان معیاری برای سلامت کلی کل اکوسیستم آبی استفاده کرد (Saad *et al*., 2012). اثرات مضر آلاینده‌ها می‌تواند در بافت ماهی قبل از تغییرات بعدی در ظاهر و رفتار خارجی ماهی آشکار شود (Mahboob *et al*., 2020).

در مقاله‌ای مروری که توسط Padrilah و همکاران، ۲۰۱۸ درخصوص اثر هیستوپاتولوژی تجمع مس بر ماهیان مورد بررسی قرارگرفت. در مطالعه‌ای که توسط Maharajan و همکاران ۲۰۱۶ درخصوص عضله آسیب پیش‌رونده در ساختار عضله مانند ضخیم شدن و جدا شدن عضله بسته‌های ادم شدید داخل سلولی مشاهده شد. عوارض مشابهی در مطالعه انجام شده توسط Das و Mukherjee در سال ۲۰۰۰ گزارش شد که این عوارض شامل جداشدن بسته‌های عضلانی بود. در هنگام استرس، ماهی با استفاده از پروتئین به عنوان منبع انرژی برای رفع نیازهای انرژی بیش‌تر برای سم‌زدایی استفاده می‌کند (Vutukuru, 2005). هم‌چنین از دلایل دیگر تحلیل و تخلیه بافت پروتئینی می‌تواند به‌دلیل اختلال در سنتز پروتئین یا کاهش جذب اسیدهای آمینه به زنجیره پلی‌پپتیدی باشد (Rajamanickam & Muthuswamy, 2008).

طبق نتایج به‌دست آمده در این تحقیق میانگین میزان آنزیم‌های آمینوترانسفراز (ALT)، آلکالین فسفاتاز(ALP) و آلانین آمینوترانسفراز(ALT) به‌ترتیب ۷۵/۱۶، ۳۷/۶۶ و ۱۶/ ۴۷ واحد استاندارد/لیتر بود. آنزیم‌های آمینوترانسفراز (ALT)، آلکالین فسفاتاز (ALP) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) نقش بسیار مهمی در فرایندهای متابولیکی بدن و سلامت ماهیان داشته و به‌عنوان نشانگرهای زیستی مناسب در مطالعات سم‌شناسی معرفی شده‌اند (Beninca *et al*., 2011; Senger *et al*., 2011). برخی شرایط فیزیولوژیک مانند آسیب و اختلالات کبدی و اسکلتی باعث افزایش فعالیت این آنزیم‌ها می‌شوند (Boge *et al*., 1992). فلزات سنگین می‌توانند اثرات مخربی بر بافت‌های بدن ماهیان داشته باشند. تغییر پروفایل آنزیمی ازجمله در کبد و آبشش در اثر غلظت تحت کشنده فلزات سنگین در ماهیان گزارش شده است (Abedi *et al*., 2013; Baghshani and Shahsavani, 2013; Khandan *et al*., 2016). ماهیان پاسخ‌های آنزیمی متفاوتی را (شامل کاهش یا افزایش آنزیم‌ها) در مقابل آلودگی ناشی از فلزات سنگین نشان داده‌اند که نوع گونه، فلز و شرایط فیزیکوشیمیایی آب در این زمینه به‌عنوان عوامل موثر معرفی شده‌اند (Jiraungkoorskul *et a*l., 2003). نتایج تاثیر فلزات بر روی انواع گونه‌های ماهیان در ایران و سایر کشورها انجام شده است مطالعه مشابه این تحقق درخصوص تاثیر فلز روی برآنزیم‌های متابولیسمی در کبد، آبشش، مغز و عضله ماهی سفیدک سیستان انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که مواجهه با فلز روی موجب افزایش معنی‌دار میزان

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

آلکالین فسفاتاز در کبد ماهیان شده است. هم‌چنین اثر کادمیوم بر آنزیم‌های متابولیکی در کبد، آبشش، مغز و عضله ماهی منجر به افزایش معنی‌دار آنزیم آلانین آمینوترانسفراز در آبشش و کبد ماهیان قرار گرفته در معرض کادمیوم شده است. محققان دلیل افزایش میزان آنزیم را مرتبط با آسیب کبدی در اثر مواجهه با فلزات سنگین و ارتباط آن با تجمع بیش‌تر فلز روی در کبد می‌دانند (خندان‌بارانی و میری، ۱۳۹۶). Younis و همکاران (۲۰۱۲) علت افزایش معنی‌دار غلظت آنزیم-های AST و ALT در سرم خون ماهی *Oreochromis niloticus* در شرایط مواجهه با غلظت تحت حادکشنده روی آسیب کبدی به علت تجمع فلز روی و رهاسازی این آنزیم‌ها در سرم خون بیان کردند.

آنزیم ALP آنزیمی است که از چند ایزوآنزیم تشکیل شده است. که تقریباً در تمام بافت‌های بدن به-ویژه در غشاء سلولی یافت می‌شود. این آنزیم هیدرولیز استرهای منوفسفات را تسریع می‌کند و نقش مهمی را در حمل و نقل مواد از غشائ سلولی ایفاء می‌کند و در شکل‌گیری استخوان‌ها تاثیردارد (Molina *et al*., 2005). آنزیم ALP به‌دلیل حساسیت نسبت به مسمومیت سلولی در اثر مواد ژنوبیوتیک به‌عنوان یک شاخص مناسب مورد توجه می‌باشد(Lohner *et al*., 2005). در مطالعه حاضرمیانگین میزان آنزیم ALP برابر با ۳۷/۶۶ واحد استاندارد/لیتر بود که دلیل میزان بالای این آنزیم می‌تواند مرتبط با تجمع زیستی فلزات نیکل و سرب در اندام‌های ماهی به‌ویژه کبد سی‌باس آسیایی باشد. نتایج مشابه این تحقیق توسط Tabrez و همکاران (۲۰۲۱) در ارزیابی سمیت فلزات سنگین نیکل، روی و آهن برگونه *Mystus vittatus* و *Mystus tengara* در رودخانه Yamuna هندوستان انجام شد در این تحقیق نیزسطح آنزیم‌های AST, ALT و ALP به‌ترتیب ۵/۸۷ ، ۱۰/۳۱ و ۱/۷ واحد استاندارد/لیتر در ماهی *Mystus vittatus* بود درحالی-که میزان این آنزیم‌ها در گونه *Mystus tengara* به-ترتیب ۱۲/۹، ۴۰ و ۳/۵ واحد استاندارد/لیتر بودکه دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی ALT، ALP و AST را در دو گونه فوق ضایعات کبد در اثر تجمع زیستی در اندام‌های دانستند. مطالعات مشابهی درخصوص اثر فلزات سنگین بر سطوح آنزیم‌های ماهیان مختلف از جمله ALP در ماهیان *Tilapia zillii, Cyprinus carpio, Mugil cephalus, Oncorhynchus mykiss, Barbus luteus* فوق انجام شده است که نتایج این تحقیق را تایید می‌کنند(Zorriehzahra *et al*., 2010; Parvati *et al*., 2011).

براساس نتایج تحقیق حاضر همانند تحقیقات مشابه کبیریان و همکاران (۱۳۹۱) تاثیرپذیری آنزیم‌های کبدی در اثر تغییر شرایط محیطی بر ماهیان را تایید می‌کند.

اخیراًBarisic و همکاران (۲۰۱۹) نتیجه گرفتند که مدت زمان مواجهه ماهیان با فلزات سنگین مرتبط با فعالیت آنزیم‌های آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز در سرم خون سالمونیده‌ها می-باشد. هم‌چنین میزان بالای فعالیت این آنزیم‌ها مرتبط با تخریب کبد این ماهیان می‌باشد. آنزیم‌هایی مانند آمینوترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلانین آمینوترانسفراز به‌عنوان بیومارکرها در سرم خون جهت مشخص نمودن آسیب به‌کار برده می‌شوند که اکنون به‌نام سرم امینوترانسفراز خوانده می‌شوند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.22034/17.4.95]

نتیجه گیری

نتایج به‌دست آمده در پژوهش کنونی نشان داد که میزان غلظت فلزات سرب و نیکل مورد مطالعه در بافت خوراکی عضله ماهی باس دریایی پرورشی صید شده از قفس بالاتر از حد استاندارد تعیین شده توسط FAO وWHO بود. بالابودن تجمع این عناصر نسبت به حد مجاز اندازه‌گیری‌شده بیانگر لزوم توجه به احتمال ورود پیوسته منابع تولیدکننده این عوامل آلاینده همانند نشت نفت ،آلودگی ناشی از فلرها در منطقه و آلودگی ناشی از سوخت فسیلی، وجود چاه‌های متعدد نفتی، تعداد زیاد مخازن ذخیره‌سازی، خطوط لوله‌کشی انتقال گاز، نشت گاز و صادرات و واردات گاز از صنایع به محیط-های آبی می‌باشد. بنابراین نیازمند بررسی دوره‌ای بیش‌تر و نتیجه شناخت دقیق‌تر منابع ورودی و تولیدی آن‌ها در جهت کنترل و در نهایت جلوگیری از نفوذ چنین آلاینده‌هایی به محیط‌زیست این گونه می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کلیه کسانی که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند، قدردانی می گردد.

منابع

۱. بنـدانی، غ.، خوشـباور رسـتمی، ح.، یلقـی، س.، شـکرزاده، م.، نظـری، ح.، ۱۳۸۹. سـطح فلـزات سـنگین (سـرب،کادمیوم، کـروم و روی) در بافـت عضله و کبد ماهی کپـور (Cyprinus *carpio* ۱۷۵۸ L.,) سواحل اسـتان گلسـتان. مجلـه علمـی شـیلات ایران، ۱۹(۴)، ۱۰ - ۱.

۲. پـذیرا، ع. و خسـروی‌فـرد، ا.، ۱۳۹۴. مقایسـه تجمـع زیسـتی فلـزات سـنگین نیکـل و کـادمیوم در بافـت عضله دو گونـه مـاهی شـیر و قبـاد در بنـدر بوشـهر. مجله زیست شناسی دریا، ۷(۲۸)، ۸۹-۷۹.

۳. جلالـی‌جعفـری، ب. و آقـازاده‌مشـگی، م.، ۱۳۸۹. مسـمومیت ماهیـان در اثـر فلـزات سـنگین آب و اهمیـت آن در بهداشـت عمـومی. انتشـارات مـان کتاب. ۱۴۰ ص.

۴. خندان بارانی، ه.و میری، م.، ۱۳۹۶. تغییرات سـطوح آنزیمهای متابولیک تحت تاثیر فلزهای سنگین روی و کـادمیوم در *Schizothorax zarudnyi* مـاهی سفیدک سیستان، مجلـه بـوم شناسـی آبزیـان، ۶(۴)، ۵۱-۳۹.

۵. چاکری، ر.، سجادی، م.م.، کامرانی، ا. ، آقاجـاری، ن.، ۱۳۹۴. تعیین میزان غلظت فلزات سـنگین سـرب و کـادمیوم در بافتهـای عضـله و کبـد مـاهی طـلال *Rastrelliger kanagurta* در آب‌هـای خلـیج فارس، مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۲)، ۱۲۵-۱۱۵ .

۶. عسکری ساری، ا.، ۱۳۸۸. بررسی عناصر سـنگین (سـرب، جیـوه و کـادمیوم) در ماهیـان بـومی آب شیرین صـید ماهیـان *Liza abu* و *Barbus grypus* شـیربت کـارون و کرخـه در فصـل زمسـتان. مجلـه بیولوژی دریا، ۱(۴)، ۱۰۷-۹۵.

۷. شهاب مقدم، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، ولی نسـب، ت.، کریم آبادی، م.، ۱۳۸۹ . مقایسه تجمـع فلـزات سنگین در عضله سپرماهی چهارگوش *Himantura gerrardi* و گـیش چشـم درشـت *Selar crumenophthalmus* خلـیج فـارس. مجلـه علمـی شیلات ایران، ۱۹(۲)، ۹۴ - ۸۵ .

۸. شـهریاری، ع.، گـل فیـروزی، ک.، نوشـین، ش.، ۱۳۸۹. میـزان تجمـع کـادمیوم و سـرب در بافـت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

عضلانی سه گونه از ماهیان دریایی کپور، کفال و ماهی سفید سواحل دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۹ (۲)، ۱۰۰ - ۹۵.

۹. عبادی، ص.، باهر، ا.، ابراهیمی، پ.، ۱۳۹۹. پیش تغلیظ و تعیین آلومینیوم، روی، مس و منگنز در نمونه‌های آبی با استفاده از استخراج نقطه ابری و روش‌های کمومتریکس. نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران. ۳۹ (۲)، ۱۵۹-۱۷۰.

۱۰.علی نژاد، س.، شعیبی عمرانی، ب.، شکرزاده، م.، قائم مقامی، س.س.، یاسمی ، م.، امینی راد، ع.، ۱۳۹۴. بررسی تجمع فلزات سنگین در عضله ماهی کفشک تیزدندان *Psettodes erumei* آبهای بوشهر، تغذیه آبزیان، ۲ (۱)، ۶۴-۵۵.

۱۱.فرجی، ر.، مشکینی، س.، ۱۴۰۰. بررسی میزان عناصر سنگین جیوه، مس و روی در بافت عضله و کبد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی در منابع مختلف آبی استان آذربایجان غربی. توسعه آبزی پروری، ۱۵(۳)، ۷۵-۸۸.

۱۲.کبیریان، م.؛ شاهسونی، د. و کازرانی، ح.، ۱۳۹۱ . تعیین میزان فعالیت برخی از آنزیمهای سرم خون مولدین ماهی سفید. مجله علمی پزشکی ایران، ۸ (۳) ، ۶۷-۷۲.

۱۳.لکزایی، ف.، بابائی، ه.، خداپرست، س.ح.، ۱۳۹۴. سنجش فلزات سنگین (سرب،کادمیم، روی و مس) در بافت کبد و عضله ماهی کفال طلائی در دو منطقه حوضه جنوب غربی دریای خزر (کیاشهر و تالش). توسعه آبزی پروری، ۹(۳)، ۵۸-۵۱.

۱۴.مدنی، ش.، بزازان، ف.، خالقی، س.، ۱۳۹۶. براورد اثرات اقتصادی ناشی از آلودگی نفتی دراثر غرق شدن دوبارج در منطقه پارک ملی نایبند(سال ۸۹ بر بخش های تولیدی استان بوشهر، مجله منابع طبیعی ایران، ۷۰(۲)، ۴۳۸-۴۲۷.

۱۵.مکرم، م.، عبیدی، ر.، دولاح ع.، ضیائیان نوربخش، ه.، ۱۳۹۹، بررسی آلودگی برخی فلزات سنین در آبهای بندر عسلویه و تاثیر آن بر عضله ماهی قباد *Scomberomorus guttatus* و کفشک *Brachirus orientalis* در محیط GIS، مجله زیست شناسی دریا، ۱۲(۴۵)، ۹۶-۸۳.

۱۶. ناصری، م.، رضایی، م.، عابدی، ع.، افشارنادری، ا.، ۱۳۸۴. سنجش مقادیر برخی عناصر سنگین (آهن، مس، روی، منیزیم، منگنز، جیوه، سرب و کادمیوم) در بافتهای خوراکی و غیرخوراکی ماهی کفال پشت سبز *Liza dussumieri* سواحل بوشهر، ۴(۳و۴)، ۶۷-۵۹.

17. Abdollahi, S., Raoufi, Z., Faghiri, I., 2013. Contamination levels and spatial distributions of heavy metals and PAHs in surface sediment of Imam Khomeini Port, Persian Gulf, Iran. Marine Pollution Bulletin, 71(1-2), 336-345.

18. Abedi, Z., Hasantabar, F., Khalesi M.K., Babaei, S., 2013. Enzymatic Activities in Common Carp, Cyprinus carpio Influenced by Sublethal Concentrations of Cadmium, Lead, Chromium. World Journal of Fish and Marine Sciences, 5, 144-151.

19. Azaman, F., Juahir, H., Yunus, K., Azid, K.M., Toriman, M.E., Mustafa, A.D., Amran, M.A., Che, H., Mohd, S., 2015. Heavy metal in fish: Analysis and human health-a review. Journal of Technology, 77(1),61-69.

20. Barisic, J., Cannon, S., Quinn, B., 2019. Cumulative impact of anti-sea lice treatment (azamethiphos) on health status of Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss, Walbaum 1792) in aquaculture. Sci. Rep. 9, 16217. https://doi.org/10.1038/ s41598-019-52636-1.

21. Beninca, C., Ramsdorf, W., Vicari, T., de OliveiraRibeiro, C.A., de Almeida, M.Z.,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.22034/17.4.95]

captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry, 102, 415-421.
30. El -Greisy, Z.A., El -Gamal, A.H., 2015. Experimental studies on the effect of cadmium chloride, zinc acetate, their mixture and the mitigation with vitamin C supplementation on hatchability, size and quality of newly hatched larvae of common carp, *Cyprinus carpio*. Egyptian Journal of Aquatic Research, 41, 219-226.
31. FAO, 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.
32. FAO/WHO, 2016. Accumulation of heavy metals in fishes of freshwater. Available from: https://www.slideshare.net. Accessed on 3 August 2021.
33. Fatima, M., Usmani, N., Firdaus, F., Zafeer, M.F., Ahmad, S., 2015. In vivo induction of antioxidant response and oxidative stress associated with genotoxicity and histopathological alteration in two commercial fish species due to heavy metals exposure in northern India (Kali) river. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C 176-177, 17-30.
34. Ghaffar, A., Hussain, R., Noreen, S., Chodhary, I.R., Abbas, G., Khan, A., Ahmed, Z., Khan, M.K., Akram, K., Ulhaq, M., Ahmad, N., Ali, F., Niaz, M., 2020. Dose and time-related pathological and genotoxic studies on thiamethaxam in fresh water fish (*Labeo rohita*) in Pakistan. Pakistan Veterinary Journal, DOI: http://dx.doi.org/10.29261/pakvetj/2020.002
35. Ghazanfar, M., Shahid, S., Qureshi, I.Z., 2018. Vitamin C attenuates biochemical and genotoxic damage in common carp (*Cyprinus carpio*) upon joint exposure to combined toxic doses of fipronil and buprofezin insecticides. Aquatic Toxicology, 196,43–52.
36. Jiraungkoorskul, W., Upatham, E.S., Kruatrachue, M., Shaphong, S., Vichasri-Grams, S., Pokethitiyook, P., 2003. Biochemical and histopathological effects of glyphosate herbicide on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Environmental Toxicology, 18, 260-267.
Silva de Assis, H.C., 2011. Chronic genetic damages in Geophagus brasiliensis exposed to anthropic impact in Estuarine Lakes at SantaCatarina Coast–Southern of Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, 18, 2045-2056.
22. Birungi, Z., Masola, B., Zaranyika, M., Naigaga, I., Marshall, B., 2007. Active biomonitoring of trace heavy metals using fish (*Oreochromis niloticus*) as bioindicator species. The case of Nakivubo wetland along Lake Victoria. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 32(15-18),1350-1358.
23. Boge, G., Leydet, M., Houvet, D., 1992. The effects of hexavalent chromium on the activity of alkaline phosphatase in the intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquatic Toxicology, 23, 247-260.
24. Canli, M., Ay, Ö., Kalay, M., 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, Barbus capitoand Chondrostoma regiumfrom the Seyhan River, Turkey. Turkish journal of zoology, 22(2), 149-158.
25. Castilhos, Z.C., Rodrigues-Filho, S., Rodrigues, A.P.C., Villas-Bôas, R.C., Siegel, S., Veiga, M.M., Beinhoff, C., 2006. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. Science of the Total Environment, 368(1), 320-325.
26. Carvalho, M., Santiago, S., Nunes, M.L., 2005. Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 382(2), 426-430.
27. Das, B. K., & Mukherjee, S. C. 2000. A histopathological study of carp (Labeo rohita) exposed to hexachlorocyclohexane. Veterinarski Arhiv, 70(4), 169-180
28. Ding, W.X., Shen, H.M., Ong, C.N., 2000. Microcystic cyanobacteria extract induces cytoskeletal disruption and intracellular glutathione alteration in hepatocytes. Environmental Health Perspectives, 108, 605-609.
29. Durale, M., Goksu, M.Z.L., Ozak, A.A., 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish fish species

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

37. Kalay, M., Canli, M., 2000. Elimination of essential (Cu and Zn) and non essential (Cd and Pb) metals from tissues of a fresh water fish, Tilapia zillii. Tropical Journal of Zoology, 24, 429-436.
38. Khandan Barani, H., Miri, M., Dahmardeh, H.A., 2016. Effects of lead (heavy metal) on profile enzyme in some tissues and selection of acceptable indices of snow trout, Schizothorax zarudnyi. Experimental Animal Biology, 4, 1-11.
39. Langston, W.J. and Spence, S.K. (1995) Biological Factors Involved in Metal Concentrations Observed in Aquatic Organisms. In: Tessier, A. and Turner, D.R., Eds., Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems, John Wiley & Sons, London, 407-478.
40. Liu, X.J., Luo, Z., Li, C.H., Xiong, B.X., Zhao, Y.H. and Li, X.D., 2011. Antioxidant responses, hepatic intermediary metabolism, histology and ultrastructure in Synechogobius hasta exposed to water borne cadmium. Ecotoxicology and Environmental Safety. 74: 1156-1163.
41. Lohner, T.W., Reash, R.J., Williams, M., 2001. Assessment of tolerant sunfish populations (*Lepomis* sp.) inhabiting seleniumladen coal ash effluents: 2. Tissue biochemistry evaluation. Ecotoxicology and Environmental Safety, 50, 217-224.
42. Maharajan, A., Kitto, M. R., Paruruckumani, P. S., & Ganapiriya, V. (2016). Histopathology biomarker responses in Asian sea bass, Lates calcarifer (Bloch) exposed to copper. The Journal of Basic and Applied Zoology, 77, 21–30.
43. Romeo, M. and Giamberini, L. (2013). History of biomarkers. In: Amiard-Triquet, C., Amiard, J. C., Rainboe, P. S. (Eds.), Ecological Biomarkers, Indicators of Ecotoxicological Effects. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton London, New York.
44. Shahid Mahboob, Khalid A. Al-Ghanim, H.F. Al-Balawi, F. Al-Misned, Z. Ahmed, 2020.Toxicological effects of heavy metals on histological alterations in various organs in Nile tilapia (Oreochromis niloticus) from freshwater eservoir, Journal of King Saud University - Science, Volume 32, (1), Pages 970-973,
45. Mazej, Z.S., Sayegh-Petkovšek, A.l., Pokorny, B., 2010. Heavy metal concentrations in food chain of lakeVelenjskojezero, Slovenia: an artificial lake from mining. Archives of environmental contamination and toxicology, 58, 998-1007.
46. Molina, R., Moreno, I., Pichardo, S., Jos, A., Moyano, R., Monterde, J.G., Camean, A., 2005. Acid and alkaline phosphatase activities and pathological changes induced in Tilapia fish (*Oreochromis* sp.) exposed subchronically to microcystins from toxic cyanobacterial blooms under laboratory conditions. Toxicon, 4, 725-735.
47. Oguzie, F.A., Izerbigie, A.A., 2009. Heavy Metals concentration in the organs of the silver Catfish, Chrysichthys nigrodigitatus (Lacèpéde) caught upstream of the Ikpoba River and the reservoir in Benin City. Bioscience Research Communications, 21(4), 189-197.
48. Padrilah, S.N., Sabullah, M.Kh., Mohd Yunus Abd Shukor, M.Y., Yasid, N.A., Shamaan, N.A., and Siti Aqlima Ahmad, S.A., 2018, Toxicity Effects of Fish Histopathology on Copper Accumulation, Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 41 (2),519-540
49. Parvathi, J., Karemungikar, A., 2011. Leucocyte variation, an insight of host defenses during hymenolepiasis and restoration with praziquantel. Indian J. Pharma. Sci. 73, 76–79.
50. Rai, P.K., 2009. Heavy metal phytoremediation from aquatic ecosystems with special reference to macrophytes. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39(9), 697-753.
51. Rajamanickam, V., Muthuswamy, N., 2008. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.). Maejo International Journal of Science and Technology, 2(1), 192-200.
52. Remia, K.M., Logaswamy, S., Logankumar, K., Rajmohan, D., 2008.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]

Effect of an insecticides (Monocrotophos) on some biochemical constituents of the fish Tilipia mossambica. Pollution Research., 27, 523-526.
53. Saad, S. M. M., El- Deeb, A. E., Tayel, S. I., Al- Shehri, E., & Ahmed, N. A. M. (2012). Effect of heavy metals pollution on histopathological alterations in muscles of Clariasgariepinus inhabiting the Rosetta branch, River Nile, Egypt. Ist International Conference of Biotechnology Applied Agriculture Benha University, Egypt, 79–88.
54. Senger, M.R., Seibt, K.J., Ghisleni, G.C., Dias, R.D., Bogo, M.R., Bonan, C.D., 2011. Aluminum exposure alters behavioral parameters and increases acetylcholinesterase activity in zebra fish (*Danio rerio*) brain. Cell Biology and Toxicology, 27, 199-205.
55. Shahnavaz Khan, M., Javed, M., Rahman, M.D., Iresh Ahmed, M.d., 2020, Heavy metal pollution and risk assessment by the battery of toxicity tests. Scientific Reports, 10, 16593.
56. Tabrez, Sh., Zughaibi, T.A., Javed, M., 2021, Bioaccumulation of heavy metals and their toxicity assessment in Mystus species. Saudi Journal of Biological Sciences, 28, 1459–1464.
57. Vardim, S.A., 1997. Study and determination of heavy metal rate in Chaloos river, Mazandaran Fishery Research Centre, 60. [In Farsi].
58. Velma, V., Tchounwou, P.B., 2010. Chromium-induced biochemical, genotoxic and histopathologic effects in liverand kidney of goldfish, Carassius auratus. Mutation Research, 698: 43-51.
59. Venugopal, V., Shahidi, F., 1996. Structure and composition of fish muscle. Food Reviews International, 12(2), 175-197.
60. Viarengo, A., 1989. Heavy metals in marine invertebrates. mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. Reviews of Aquatic Science.
61. Vutukuru S., 2006. Acute effects of hexavalent chromium on survival, oxygen consumption, hematological parameters and some biochemical profiles of the Indian major carp, Labeo rohita. International Journal of Environmental Research and Public Health, Venugopal, V., 2006. Seafood processing adding valuethrough quick freezing, retortable packaging, and cookchilling. CRC Press. Taylor and Francis Group, New York, 2(3), 456-462.
62. World Health Organization (WHO), 1995. Health risks from marine pollution in Mediterranean. Part I implications for policy makers, 255p.
63. Younis, E. M, Abdel-Warith, A, A., Al-Asgah, Elthebite, S.A., Rahman, M.D,M., 2020, Nutritional value and bioaccumulation of heavy metals in muscle tissues of five commercially important marine fish species from the Red Sea, Saudi Journal of Biological Sciences 28 (2021) 1860–1866.
64. Zorriehzahra, M.J., Hassan, M.D., Gholizadeh, M., Saidi, A.A., 2010. Study of some hematological and biochemical parameters of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry in western part of Mazandaran province, Iran. Iranian Journal of Fish Science, 9, 185-198.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.22034/17.4.95]